

LUVOIR es el acrónimo del Large Ultraviolet Optical Infrared Surveyor, el proyecto para construir un telescopio espacial capaz de operar en el rango espectral de 100 a 2.500 nm con una capacidad colectora equivalente a la de un telescopio de 8 m (LUVOIR-B) o 15 m (LUVOIR-A). Por su versatilidad, sensibilidad y cobertura espectral LUVOIR es el proyecto más ambicioso que se ha ideado nunca en astronomía espacial. Su objetivo fundamental es investigar la emergencia de la vida en los sistemas planetarios situados en la vecindad del Sistema Solar.



Ana Inés Gómez de Castro
Joint Center for Ultraviolet Astronomy
Universidad Complutense de Madrid
aig@mat.ucm.es

LUVOIR es uno de los cuatro estudios de concepto financiados por la Agencia Espacial Estadounidense NASA para estudiar su próxima gran misión (o *flagship*) astronómica. Los otros tres son Habex (Habitable Exoplanet Observatory), Lynx X-ray observatory y el observatorio infrarrojo OST (Origins Space Telescope). Los cuatro estudios están siendo evaluados por la Academia de Ciencias en la actualidad y la decisión final se hará pública a mediados de este año. Misiones flagship de NASA han sido: el Hubble Space Telescope (HST), el observatorio de rayos X Chandra y el James Webb Telescope (JWST).

Durante tres años y medio, el equipo de definición científica y técnica (STDT por sus siglas en inglés) y el equipo de ingeniería de LUVOIR han desarrollado el estudio de definición de dos proyectos sinérgicos, aunque diferentes: LUVOIR-A y LUVOIR-B. Tal y como se muestra en la Figura 1, presentan aproximaciones diferentes para operar con grandes superficies colectoras en el espacio lo que ha permitido evaluar el impacto de las diferentes decisiones técnicas en el retorno científico y en los costes. El estudio realizado muestra la factibilidad de LUVOIR y proporciona información fundamental de cara al desarrollo de un gran observatorio espacial UV/visible/IR desde el punto de vista tecnológico.

Las características fundamentales de LUVOIR son:

- El observatorio estaría situado en el L2 del campo gravitacional Tierra-Sol y su arquitectura es escalable y accesible para permitir cambiar instrumentos o hacer reparaciones en órbita.
- Cobertura espectral desde el UV (100nm) al infrarrojo (2.500 nm). LUVOIR aúna la capacidad de observar en el rango UV con la obtención de imágenes de alto contraste, requeridas para la observación de exoplanetas.
- Un gran espejo primario segmentado y desplegable diseñado para la nueva generación de lanzadores pesados de gran sección (p.e.: los SLS Block 2 y SLS Block 1B Cargo de NASA, el Starship de SpaceX o el New Glenn de Blue Origins).
- Un parasol externo, en una nave independiente, para poder realizar observaciones coronográficas. El parasol es más grande que el que ya se ha implementado para JWST, pero más sencillo al no poseer requerimientos térmicos tan fuertes.

TELESCOPIO ESPACIAL DE LA GENERACIÓN 10-M

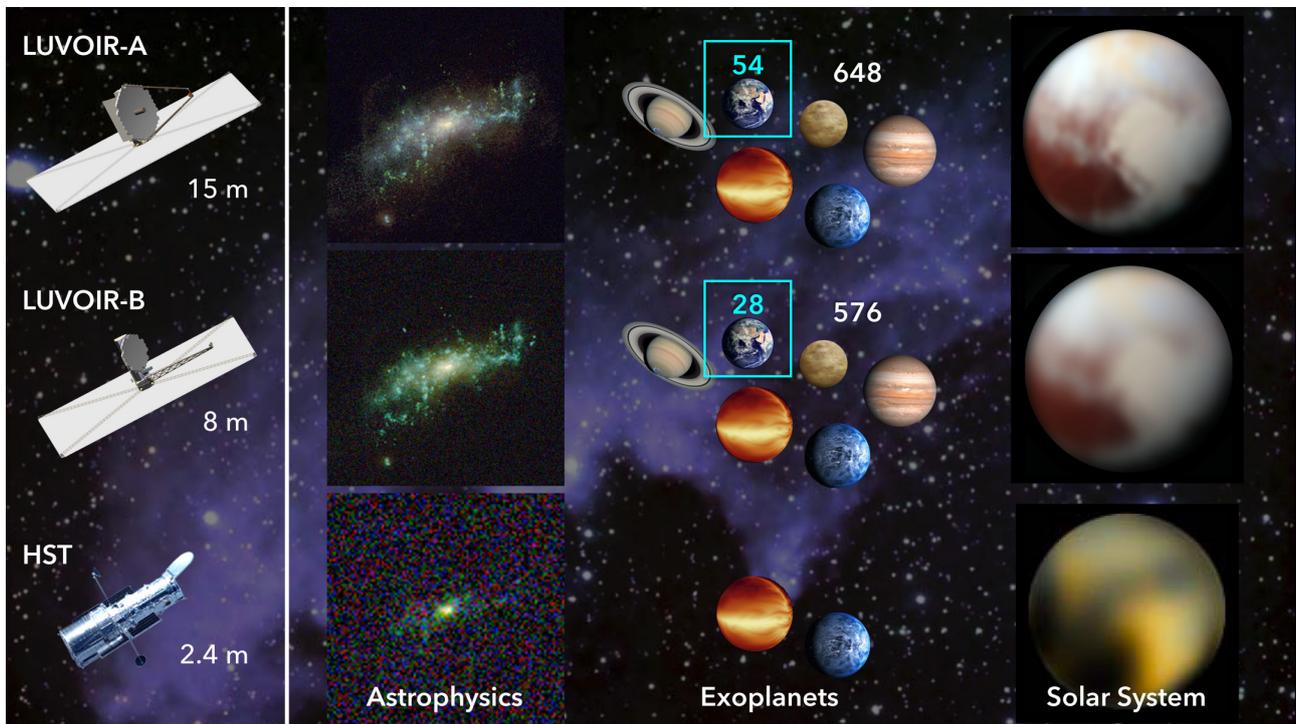


Figura 1. Comparativa entre HST, LUVOIR-B y LUVOIR-A. En el panel de la izquierda se muestra la arquitectura general de los telescopios y en los de la derecha su impacto en varias áreas de la astrofísica: la capacidad de detectar los discos extensos de las galaxias y el medio circungaláctico, la caracterización de la atmósfera de docenas de exoplanetas similares a la Tierra, el estudio sistemático de los exoplanetas gigantes, o la observación de objetos transneptunianos en el Sistema Solar. [Créditos: NASA / New Horizons / M. Postman (STScI) / A. Roberge (NASA GSFC); la imagen de Plutón obtenida por Hubble fue obtenida por Buie et al. 2010].

El informe final incluye la [descripción de la ciencia y la tecnología de LUVOIR](#) y consta de 425 páginas (y casi otras tantas en apéndices). En ellas se describe la estrategia para seleccionar fuentes tales como los exoplanetas que se observarían en el programa dedicado de búsqueda de evidencias de vida. También se analizan, en detalle, los retos técnicos de esta gran instalación; LUVOIR-A está diseñado para tener una masa de 30 Tn, un consumo de 20 kW, un espejo primario de 15 m de diámetro constituido por 120 segmentos planos y garantizar una estabilidad RMS del frente de ondas de ~ 10 picómetros en escalas temporales de ~ 10 minutos.

LUVOIR está pensado para operar como un observatorio astronómico y su misión duraría al menos 10 años con lanzamiento a comienzos de los 2040; es

un proyecto para la generación Z, los *post-millennials* y, a ellos en especial, invito a leerse el informe y encontrar en él todos los detalles que no se pueden incluir en este breve artículo.

LA DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE EXOPLANETAS CON LUVOIR

El principal objetivo de LUVOIR es detectar y caracterizar los exoplanetas similares a la Tierra situados en la vecindad solar. LUVOIR ha sido diseñado para poder medir la composición atmosférica, las propiedades de la superficie y posibles variaciones en la radiación producidas, por ejemplo, por patrones atmosféricos. LUVOIR abriría la puerta a la planetología comparada al obtener observaciones de muestras estadísticamente significativas y permitiría realizar el primer estudio sobre la probabilidad de emergencia de vida en la vecindad solar.

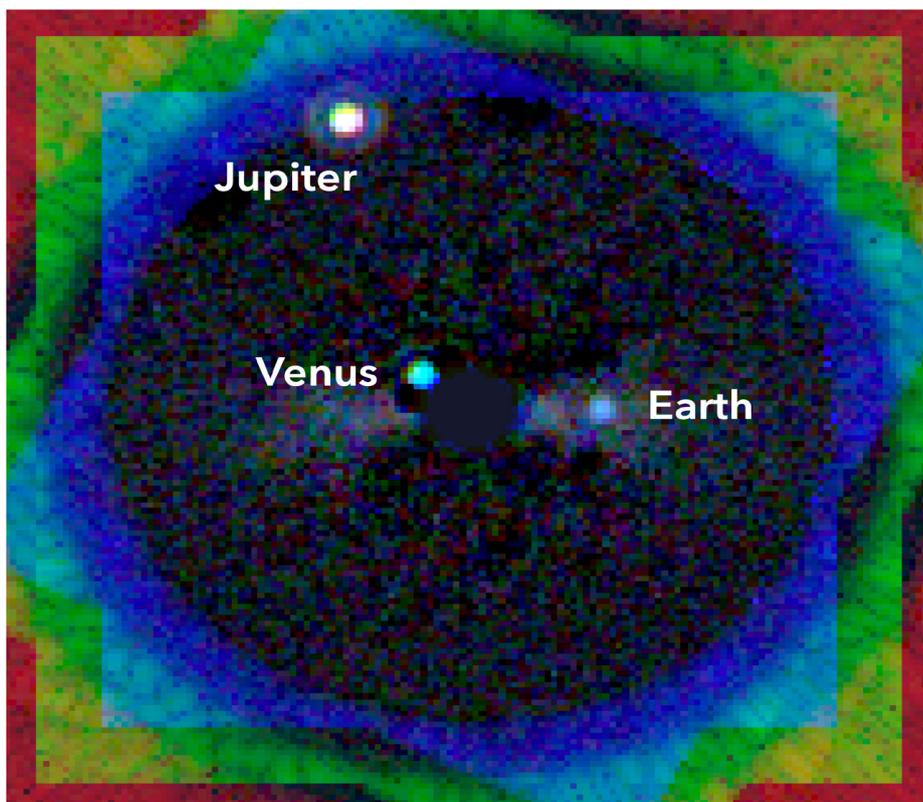


Figura 2. Simulación de una observación realizada con el instrumento ECLIPS y LUVOIR-A de un gemelo del Sistema Solar situado a 12,5 pc; las imágenes obtenidas en varias bandas fotométricas se han combinado para obtener esta representación en color (ver detalles de la simulación).

La detección de planetas terrestres en la zona de habitabilidad alrededor de estrellas de tipo G, similares al Sol, es imposible en la actualidad a causa de la debilidad de la señal y el largo periodo orbital. LUVOIR ha sido diseñado para poder obtener imágenes directas que permitan resolver la zona interna de sistemas planetarios como el nuestro tal y como se muestra en la simulación de la Figura 2.

En modo de espectroscopia de campo integral, ECLIPS está diseñado para obtener espectros con dispersión 140 en el rango de 515 a 1030 nm y dispersión 70 en el infrarrojo. Esta resolución permitiría estudiar la composición atmosférica y el estado evolutivo de la biosfera planetaria.

En la Figura 3, se muestra el impacto de la evolución de la vida en la atmósfera terrestre y en su espectro. La vida surge en la Tierra en el Precámbrico, hace 3,7 giga años en un periodo de fuerte bombardeo cometaario. La atmósfera de la Tierra pasa de estar dominada por CO₂ y CH₄ en el eón Arcaico, a un incremento

significativo del O₂ y el vapor de agua en el Proterozoico hasta llegar a los valores actuales. En dos años de observaciones continuadas se podrían caracterizar 54 exo-Tierras con LUVOIR-A y 28 con LUVOIR-B.

MONITOREO DEL SISTEMA SOLAR

LUVOIR obtendría también imágenes de gran sensibilidad y resolución angular en el ultravioleta lejano que permitirían monitorizar eyecciones de agua de lunas heladas como Europa (ver Figura 4), o estudiar los procesos de fotoevaporación en los cometas. LUVOIR-A está equipado con instrumentación para espectropolarimetría que permitiría la [detección remota de alanina](#) en cometas a través de su huella en la polarización lineal en el rango de 130 a 230 nm.

LUVOIR: DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN

LUVOIR está diseñado para obtener imagen de alta calidad y sensibilidad desde el ultravioleta (UV) hasta el infrarrojo (IR); este es el principal requerimiento de la investigación astronómica alrededor de la cual se define el proyecto (ver Figura 5).

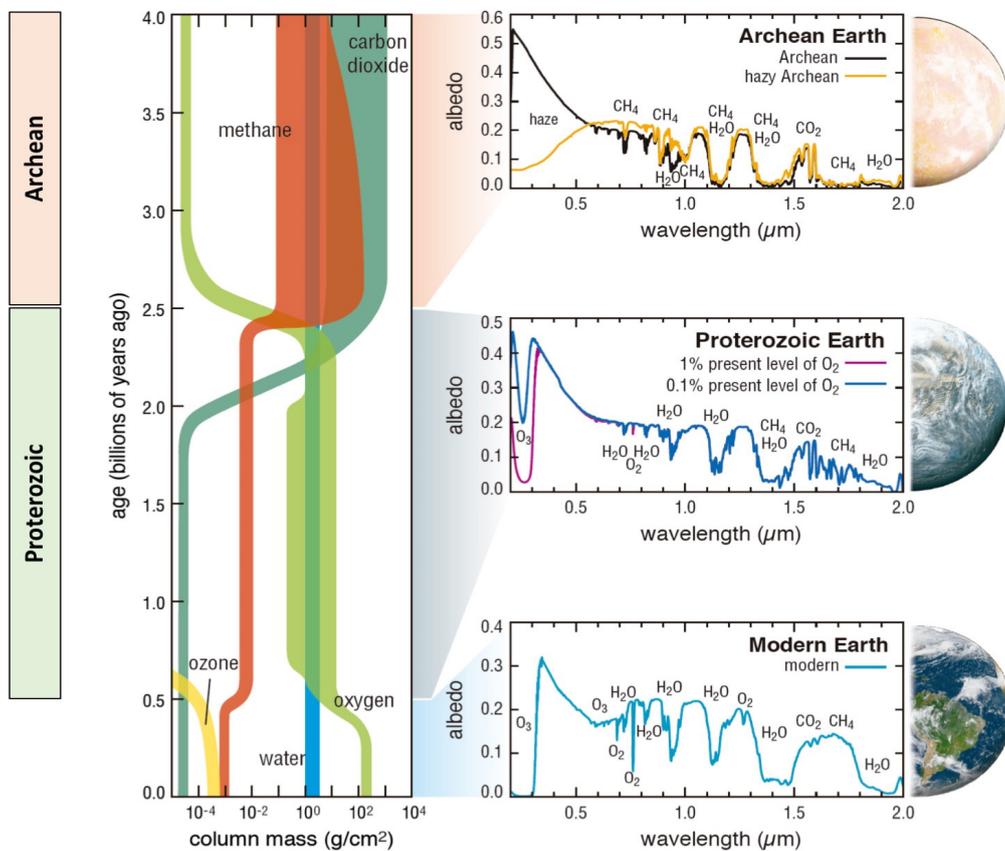
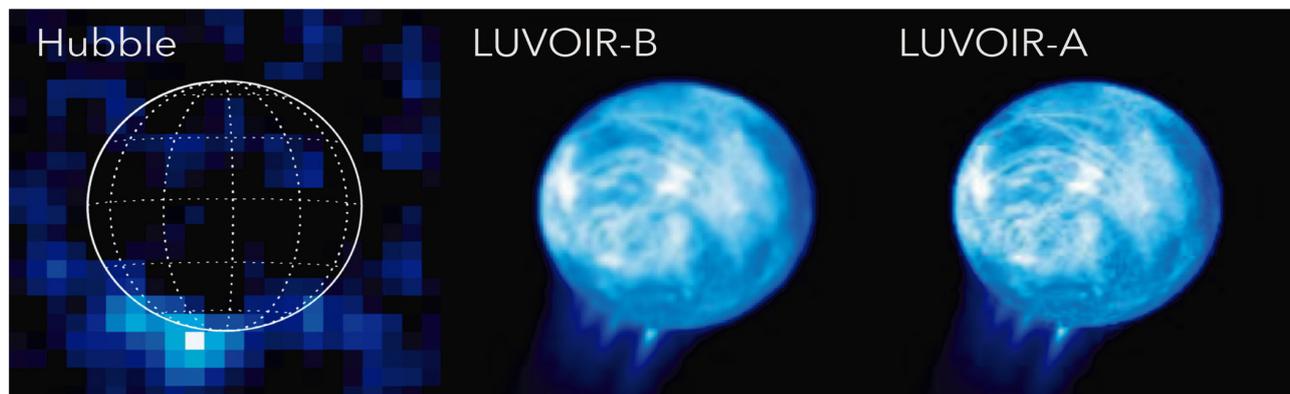


Figura 3. La composición de la atmósfera terrestre ha cambiado significativamente durante su evolución. Se precisa una gran cobertura espectral para poder caracterizar la atmósfera y evitar falsos positivos. El rango espectral seleccionado para LUVOIR recoge los principales trazadores atmosféricos de la Tierra a lo largo de su evolución: CH₄, CO₂, H₂O, O₂, O₃ y permite detectar otros fenómenos tales como variaciones locales del albedo que pueden estar ligadas a la composición de la superficie, la presencia de nubes, océanos o a la presencia de vegetación. [Crédito: G. Arney (NASA GSFC) / S.Domagal-Goldman (NASA GSFC) / T. B. Griswold (NASA GSFC)].

Figura 4. Chorros de agua eyectados por Europa. A la izquierda está la imagen obtenida por el Hubble, en el panel central, la que obtendría LUVOIR-B y en el de la derecha LUVOIR-A. Hubble detectó los jets por su emisión UV, a 121 nm (en Lyman- α), ocasionada por la fotodisociación de la molécula de agua al ser expuesta a la radiación UV del espacio. En las simulaciones de LUVOIR se observa la reflexión de la radiación Ly- α del Sol en la superficie del satélite. LUVOIR producirá imágenes de gran nitidez de los cuerpos del Sistema Solar. [Créditos: LUVOIR final report].



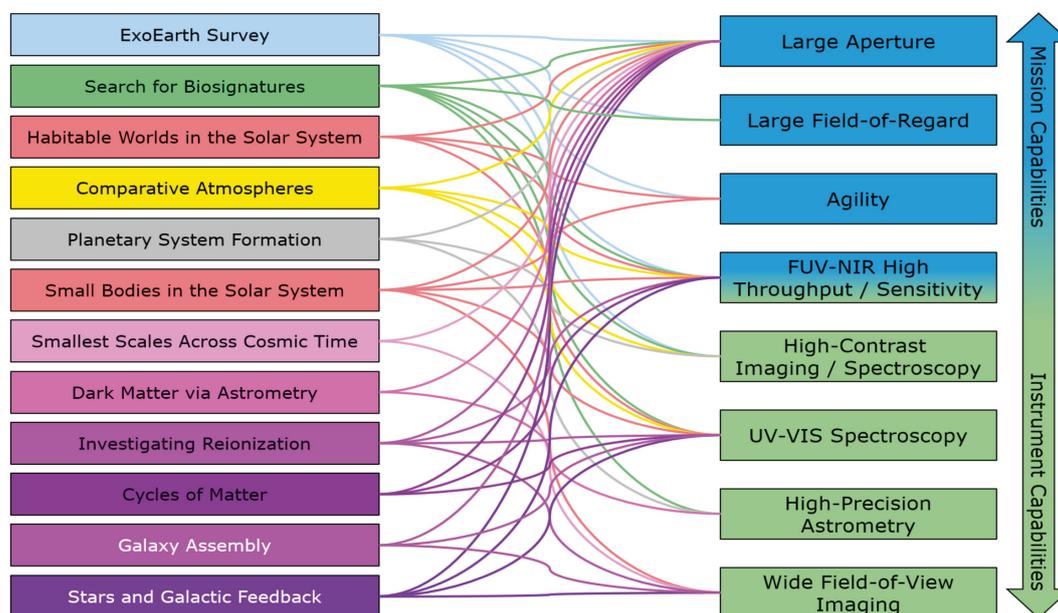


Figura 5. Requisitos científicos para LUVOIR. Los proyectos científicos que han definido la misión están en la columna de la izquierda. [Créditos: [LUVOIR final report](#)].

La exigencia de una gran superficie colectora lleva forzosamente a la utilización de un espejo desplegable, similar al implementado en el James Webb Space Telescope (JWST), pero con calidad óptica para operar a 100 nm. Este es el principal reto tecnológico de la misión, que solamente puede llevarse a cabo después de la experiencia única adquirida por NASA con el desarrollo del JWST. En la Figura 6, se muestra la imagen de los componentes principales de LUVOIR-A y cómo se empaquetarían para vuelo.

Los instrumentos estudiados para LUVOIR son:

- **ECLIPS**: un coronógrafo de alto contraste (10^{-10}) equipado para obtener imagen y espectroscopia de campo integral en el rango 200 a 2.000 nm, capaz de obtener imágenes de exoplanetas y espectroscopia de sus atmósferas.
- **HDI**: un instrumento para obtener imágenes de alta definición en el rango 200 a 2.500 nm. La resolución angular corresponde al límite de difracción a 500 nm y está diseñado para poder realizar astrometría de alta precisión.
- **LUMOS**: un instrumento para obtener imagen en el ultravioleta lejano (90-200 nm) con capacidad para realizar espectroscopia multiobjeto con varias dispersiones en el rango 100-1000 nm.

- **POLLUX**: un espectropolarímetro de alta resolución espectral para fuentes puntuales que cubre el rango 100-400nm.

PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA Y EUROPEA

España no va a sufrir el apagón UV que se producirá al final de la misión de HST debido a su [participación en el desarrollo de la misión Spektr-UF/WSO-UV](#) perteneciente al programa científico de la Agencia Espacial de Rusia. El lanzamiento será realizado con un [lanzador Angara](#) desde la base de [Vostochny](#) en 2025. Sin embargo, [Spektr-UF/WSO-UV](#) es un telescopio de clase media (el primario tiene un diámetro de 170 cm) que, aunque está optimizado para la observación en el UV, no es comparable con la potencia de un telescopio equipado con un primario de 8 ó 15 m.

Desde el año 2006, la comunidad astronómica europea viene reclamando la construcción de un [observatorio espacial dedicado a la astronomía UV-visible](#) y equipado con una instrumentación lo suficientemente versátil como para acometer una amplia gama de proyectos científicos. En 2013 nació el concepto “[European Ultraviolet Visible Observatory](#)” (EUVO), un gran observatorio espacial europeo que operara desde 90 nm hasta 1,000 nm y con un amplio programa científico detrás, en cierta medida similar al

de LUVOIR, aunque no tan enfocado en el estudio de los exoplanetas. EUVO surgió como respuesta de la comunidad a la Solicitud de ideas de la Agencia Espacial Europea (ESA) para la definición de las nuevas misiones grandes (L2 y L3); la propuesta fue redactada por un equipo de 40 científicos y apoyada por casi 400 astrónomos. Aunque no fue seleccionada, la comunidad ha seguido activa y ha concurrido recientemente a la Solicitud de ideas hecha pública por la ESA en 2019 para el programa [Voyage 2050](#).

El equipo de definición científica y tecnológica de LUVOIR abrió oficialmente las puertas a la comunidad

internacional a través de la presencia de miembros internacionales sin derecho a voto en el STDT. Entre ellos hay representantes de varios países europeos, y también un representante de la Agencia Espacial Europea. Además, la Agencia Espacial Francesa (CNES) financió el estudio de uno de los instrumentos principales, POLLUX, con la colaboración de científicos de varios países europeos.

Si LUVOIR es finalmente seleccionado por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos, el camino está ya trazado para facilitar una fuerte participación europea.

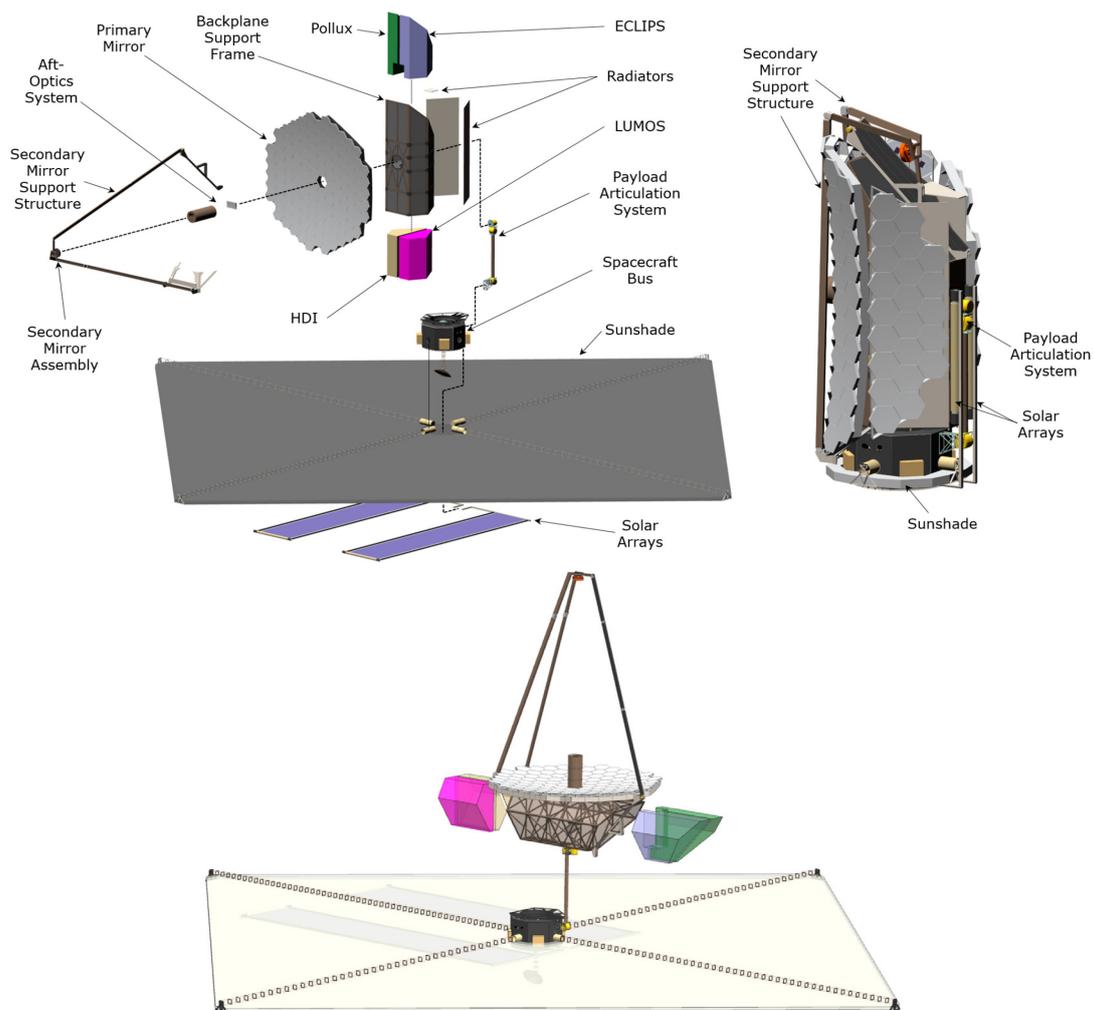


Figura 6. Componentes principales del observatorio (panel superior izquierdo); los instrumentos (ECLIPS, LUMOS, HDI y Pollux) aparecen indicados (ver descripción en el texto). En el panel superior derecho se muestra la configuración en el vuelo y en el panel inferior su disposición durante la operación en espacio. Los instrumentos están localizados en puertos externos para permitir su reemplazo y reparación. [Créditos: [LUVOIR final report](#)].